

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 64-057111

(43)Date of publication of application : 03.03.1989

(51)Int.Cl.

G01B 11/30

(21)Application number : 62-213636

(71)Applicant : CHUO SEIKI KK

(22)Date of filing : 27.08.1987

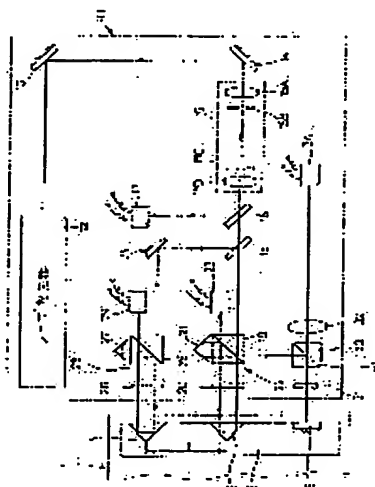
(72)Inventor : TAKADA KOJI
MAGARA KENJI

(54) MEASURING APPARATUS OF LINEAR MOTION

(57)Abstract:

PURPOSE: To measure a factor of an error of five components inclusive of a rolling error, by providing two displacement prisms which are displaced in accordance with the motion of a linear motion body.

CONSTITUTION: Corner cube prisms CQ3 and 4 for displacement detection are so disposed on a linear motion body 1 as to be spaced by a prescribed dimension L, and a light flux emitted from a laser generator 12 is divided in two by a half mirror 18 and then introduced into displacement magnifying means 22 and 28 respectively. Then, the light fluxes are reciprocated twice between the CQ3 and 4 respectively, and thereby the displacements of the CQ3 and 4 are magnified four times and detected by four-quadrant photosensors PS23 and 29 for position detection respectively. Output signals of these PS's 23 and 29 are introduced into an arithmetic unit, together with output signals from PS17 for correction and PS34 for angle detection. Based on the respective output signals of the PS's 17, 22 and 28 (or PS34), the arithmetic units executes computation of a prescribed formula, and thereby a displacement error in each of horizontal and vertical directions and a rolling error (or a pitching error, a yawing error) of the motion body 1 can be determined.



⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭64-57111

⑬ Int. Cl.⁴
G 01 B 11/30

識別記号
1 0 1

庁内整理番号
A-8304-2F

⑭ 公開 昭和64年(1989)3月3日

審査請求 有 発明の数 1 (全12頁)

⑮ 発明の名称 直線運動測定装置

⑯ 特 願 昭62-213636

⑰ 出 願 昭62(1987)8月27日

⑱ 発 明 者 高 田 幸 次 新潟県長岡市巻島町905

⑲ 発 明 者 真 柄 憲 治 東京都千代田区神田淡路町1丁目9番地 中央精機株式会社内

⑳ 出 願 人 中央精機株式会社 東京都千代田区神田淡路町1丁目9番地

㉑ 代 理 人 弁理士 広瀬 和彦 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

直線運動測定装置

2. 特許請求の範囲

直線運動体側に設けられ、該直線運動体の動きに応じて変位する第1、第2の変位プリズム及び反射鏡と、

所定角度の振動面を有する直線偏光を光束として発生する光束発生手段と、

該光束発生手段から発生する光束で該光束発生部自体の光量の変位を検出する補正用位置検出手段と、

前記光束発生手段による光束を前記直線運動体側の第1の変位プリズムとの間で n 回往復させることにより、該変位プリズムの変位量を $2n$ 倍に拡大する第1の変位拡大手段と、

該第1の変位拡大手段から拡大して導出された光束を検出する第1の位置検出手段と、

前記光束発生手段による光束を前記直線運動体側の第2の変位プリズムとの間で n 回往復させる

ことにより、該変位プリズムの変位量を $2n$ 倍に拡大する第2の変位拡大手段と、

該第2の変位拡大手段から拡大して導出された光束を検出する第2の変位検出手段と、

前記第1または第2の変位拡大手段から射出された光束を前記直線運動体側の反射鏡で反射させ、この反射光をレンズを通過させることによって該反射鏡の傾き角を導出する角度導出手段と、

該角度導出手段で導出した傾き角を検出する角度検出手段と、

前記補正用位置検出手段、第1、第2の変位検出手段からの出力信号に基づき、前記直線運動体の水平方向変位誤差、垂直方向変位誤差およびローリング誤差を演算すると共に、角度検出手段からの出力信号に基づきピッチング誤差、ヨーイング誤差を演算する演算手段とから構成してなる直線運動測定装置。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、例えば工作機械、光学機械、計測機

械等のように直線運動する機器の精度検査を行なうための直線運動測定装置に関する。

(従来の技術)

一般に、直線運動する機器は、X軸テーブル、X-Y-Z軸テーブル等の移動テーブルが用いられているが、これら移動テーブルの直線運動精度を高精度に測定しておくことが、所期の目的を達成するために重要な前提となる。

ところで、第9図に示す如く、直線運動する工作機械等の移動体Mが例えばZ軸に沿って移動した場合、Z軸方向の位置決め誤差 e_z の他に、X軸方向の動きに伴うX軸変位誤差 e_x 、Y軸方向の動きに伴うY軸変位誤差 e_y の3成分からなる変位誤差と、X軸回りのピッチングによるピッチング誤差 α 、Y軸回りのヨーイングによるヨーイング誤差 β 、Z軸回りのローリングによるローリング誤差 γ からなる3成分の角度誤差との6成分の誤差が発生することが知られている。

そして、従来技術においては、これら6成分の誤差のうち4成分の誤差、即ちX軸変位誤差

e_x 、Y軸変位誤差 e_y 、ピッチング誤差 α 、ヨーイング誤差 β の4成分を同時に測定しようとした直線運動測定装置に関する先行技術として、

(イ) 高田、吉田、前田：“レーザビームを利用した直線運動精度測定”昭和59年度精機学会秋期大会学術講演会論文集、P132、P133

(ロ) マシニングセンタにおける直線運動精度検査の高度化、財団法人工作機械技術振興財団編(昭和60年5月)等が知られている。

これら各先行技術によるものは、直線運動体側に第1の偏光ビームスプリッタ、コーナキューブリズム及び反射鏡を設け、測定装置側に同一軸線上に第2の偏光ビームスプリッタ、ハーフミラー、コリメータレンズを配設すると共に、ハーフミラーに直線偏光を発生するためのレーザ発生装置と1/4波長板を設ける。

そして、光源からの光束は1/4波長板、ハーフ

ミラー、コリメータレンズを介して第1のコーナキューブリズムに至って水平偏光成分Pと垂直偏光成分Sに分割され、垂直偏光成分Sはコーナキューブリズムによって、該プリズムの変位量 ΔS の2倍の変位 $2\Delta S$ をもった反射波となり、この反射波は第1の偏光ビームスプリッタ、焦点距離 f のコリメータレンズ、ハーフミラーを介して第2の偏光ビームスプリッタで反射させた後、変位検出用の4象限フォトセンサで受光され、これからの出力信号はX軸変位誤差 e_x 、Y軸変位誤差 e_y として演算される。

さらに、第1の偏光ビームスプリッタで分割された水平偏光成分Pは反射鏡の傾き角 θ の2倍の反射波となり、この反射波は第1のコーナキューブリズム、コリメータレンズ、ハーフミラーを介して第2の偏光ビームスプリッタを透過させた後、角度検出用の4象限フォトセンサで変位 $d=2\theta f$ として受光され、これからの出力信号はピッチング誤差 α 、ヨーイング誤差 β として演算される。

(発明が解決しようとする問題点)

前述した先行技術によるものによれば、第1に直線運動体が移動するときに生じる誤差の6成分のうち、4成分を同時に測定することができるものの、必要な場合であってもローリング誤差 γ については測定できないという問題点があった。

第2に、レーザ発生装置は、レーザを発振させるときにかなりの熱が発生し、レーザ管自体が熱変形して、レーザ出力が変動するが、光源自体の変動について何らの考慮がなされていないために、測定精度に低下をきたすという問題点があった。

第3に、コーナキューブリズムからの反射波と、反射鏡からの反射波は同一光路を通過し、この間にコリメータレンズを透過する。このため、直線運動体の変位 ΔS を2倍の変位 $2\Delta S$ に拡大すべくコーナキューブリズムを使用しても、反射波がコリメータレンズを透過する間に拡大された変位量が縮小されてしまい、変位検出用4象限フォトセンサによる検出分解能が小さくな

ってしまうという問題点がある。

本発明はこのような従来技術の問題点に鑑みなされたもので、ローリング誤差を含む5成分の誤差要因を同時に測定しうるようにするばかりでなく、光束発生手段自体の変化要因を補正し、直線運動体の変位を4倍以上に拡大し、かつ変位検出用光路と角度検出用光路とを別光路とすることにより、測定精度を著しく高めるようにした直線運動測定装置を提供することを目的とする。

(問題点を解決するための手段)

上記問題点を解決するために、本発明は、直線運動体側に設けられ、該直線運動体の動きに応じて変位する第1、第2の変位プリズム及び反射鏡と、

所定角度の振動面を有する直線偏光を光束として発生する光束発生手段と、

該光束発生手段から発生する光束で該光束発生部自体の光源の変位を検出する補正用位置検出手段と、

前記光束発生手段による光束を前記直線運動体

ーリング誤差を演算すると共に、角度検出手段からの出力信号に基づきピッチング誤差、ヨーイング誤差を演算する演算手段とから構成してなる。

(実施例)

以下、本発明の実施例を添付図面を参照しつつ詳細に述べる。

まず、第1図は実施例の全体構成図を示し、同図において、1は工作機械等の直線運動体、2は該直線運動体1に取付けられた検出ブロックを示し、該検出ブロック2には第1の変位検出用のコーナキューブプリズム3、第2の変位検出用コーナキューブプリズム4が所定寸法しだけ離間して配設されていると共に、該各コーナキューブプリズム3、4と異なる位置に角度検出用反射鏡5が配設されている。

また、11は直線運動体1に発生する各誤差成分を測定する測定装置本体で、該測定装置本体11は可動荷台として形成され、後述する各機器が図示のように配置されている。12はレーザ発

側の第1の変位プリズムとの間で n 回往復させることにより、該変位プリズムの変位量を $2n$ 倍に拡大する第1の変位拡大手段と、

該第1の変位拡大手段から拡大して導出された光束を検出する第1の位置検出手段と、

前記光束発生手段による光束を前記直線運動体側の第2の変位プリズムとの間で n 回往復させることにより、該変位プリズムの変位量を $2n$ 倍に拡大する第2の変位拡大手段と、

該第2の変位拡大手段から拡大して導出された光束を検出する第2の変位検出手段と、

前記第1または第2の変位拡大手段から射出された光束を前記運動体側の反射鏡で反射させ、この反射光をレンズを通過させることによって該反射鏡の傾き角を導出する角度導出手段と、

該角度導出手段で導出した傾き角を検出する角度検出手段と、

前記補正用位置検出手段、第1、第2の変位検出手段からの出力信号に基づき、前記直線運動体の水平方向変位誤差、垂直方向変位誤差およびロ

生器で、該レーザ発生器12は例えば出力3～10mWのNe-Heレーザ源が用いられ、該レーザ源から射出された光束Bは第2図に示す如く紙面に対して45°の振動面を有する直線偏光であり、後述する偏光ビームスプリッタ19、25によって水平偏光成分Pと垂直偏光成分Sとに分割可能となっている。

13、14はレーザ発生器12から出力された光束を反射し第1の変位検出用コーナキューブプリズム3に向け光路変更する反射鏡、15は反射鏡14で反射した光束を拡大する光束拡大器で、該光束拡大器15は凸レンズ15A、ピンホール15B、虹彩絞り15C、他の凸レンズ15Dからなり、光束を約6倍程度に拡大する。

16は光束拡大器15の次段に位置して光路上に設けられた第1のハーフミラーで、該ハーフミラー16で反射された光束は補正用4象限(2次元)フォトセンサ17で受光される。ここで、前記フォトセンサ17は後述する作用によってレーザ発生器12のレーザ管自体の熱変形も含めたレ

ーザ源の変位を検出し、後述する第1、第2の位置検出用4象限フォトセンサ23、29で検出された値を補正し、直線運動体1に発生した真の誤差を求めるために用いられるものである。

次に、19はハーフミラー16の次に設けられた第2のハーフミラー18を介して光束拡大器15から射出された光路上に設けられた第1の偏光ビームスプリッタ、20は該偏光ビームスプリッタ19と検出ブロック2側の第1の変位検出用コーナキューブプリズム3との間に設けられた第1の1/4波長板、21は前記偏光ビームスプリッタ19の上片に固着された第1の変位拡大用コーナキューブプリズムで、これら偏光ビームスプリッタ19、1/4波長板20、コーナキューブプリズム21によって本実施例による第1の変位拡大手段22を構成している。ここで、前記偏光ビームスプリッタ19は入射された直線偏光のうち、水平偏光成分Pは透過し、垂直偏光成分Sは反射する性質を有している。一方、1/4波長板20は直線偏光を円偏光に変換し、円偏光を直線偏光に

変換する。

さて、上記構成による第1の変位拡大手段22による作動について、第3図を参照しつつ述べる。いま、第3図中において、直線運動体1側の原因で第1の変位検出用コーナキューブプリズム3が正規位置から変位 ΔS だけ変位したものとし、また直線偏光のうちの水平偏光成分Pを「 \downarrow 」、垂直偏光成分Sを「 \cdot 」として表わし、時計方向円偏光を「 \odot 」、反時計方向円偏光を「 \ominus 」で表わすものとする。いま、偏光ビームスプリッタ19に入射された振動面45°の直線偏光は水平偏光成分Pと垂直偏光成分Sに分割され、水平偏光成分Pのみがこれを透過して1/4波長板20を通過する。この際、水平偏光成分Pは反時計方向の円偏光に変換される。円偏光となった光束は ΔS だけ変位した第1の変位検出用コーナキューブプリズム3を反射し、再び1/4波長板20を通過して垂直偏光成分Sとなり、偏光ビームスプリッタ19に再び入る。そして、この垂直偏光成分Sは該偏光ビームスプリッタ19で反射

して第1の変位拡大用コーナキューブプリズム21で反射し、3度偏光ビームスプリッタ19に入って反射され、1/4波長板20を通過する。この1/4波長板20を通過するとき、垂直偏光成分Sは時計方向の円偏光となり、第1の変位検出用コーナキューブプリズム3で再び反射され、1/4波長板20を4度通過し、水平偏光成分Pとなり、偏光ビームスプリッタ19に入射する。かくして、この水平偏光成分Pは偏光ビームスプリッタ19を透過することになり、該偏光ビームスプリッタ19と第1の変位検出用コーナキューブプリズム3との間を2往復させることになり、該コーナキューブプリズム3の変位 ΔS を4倍の変位、即ち $4\Delta S$ に拡大することができる。

一方、23は前記第1の変位拡大手段22を構成する偏光ビームスプリッタ19を透過した水平偏光成分Pからなる光束を受光する第1の位置検出用4象限(2次元)フォトセンサで、該フォトセンサ23からの出力は後述するようにX軸変位誤差 e_x 、Y軸変位誤差 e_y 、及びローリング誤

差 γ の検算に用いられる。

次に、24は前述した第2のハーフミラー18によって反射した光束を反射し、第2の変位検出用コーナキューブプリズム4に向け光路変更する反射鏡、25は該反射鏡24で反射された光路上に設けられた第2の偏光ビームスプリッタ、26は該偏光ビームスプリッタ25と前記コーナキューブプリズム4との間に設けられた第2の1/4波長板、27は前記偏光ビームスプリッタ25の上片に固着された第2の変位拡大用コーナキューブプリズムで、これら反射鏡24、偏光ビームスプリッタ25、1/4波長板26、コーナキューブプリズム27によって本実施例による第2の変位拡大手段28を構成している。そして、この第2の変位拡大手段28は前述した第1の変位拡大手段と同様に第2の変位検出用コーナキューブプリズム4の変位 $\Delta S'$ を4倍の変位 $4\Delta S'$ に拡大するものである点において何ら変わるところがない。

一方、29は第2の変位拡大手段28の偏光ビ

ームスプリッタ25を透過した光束を受光する第2の位置検出用4象限(2次元)フォトセンサで、該フォトセンサ29は前述した第1のフォトセンサ23と協働してX軸変位誤差 e_x 、Y軸変位誤差 e_y 、及びローリング誤差 γ の演算に用いられる。

また、30は第1の偏光ビームスプリッタ19で反射された垂直偏光成分Sが別光路として入射される第3の偏光ビームスプリッタ、31は該偏光ビームスプリッタ30と角度検出用反射鏡5との間に設けられた第3の1/4波長板、32は前記偏光ビームスプリッタ30を透過した光束を後述の角度検出用4象限フォトセンサ34に向け収束させる焦点距離 f のコリメータレンズを示し、これら偏光ビームスプリッタ30、1/4波長板31、コリメータレンズ32によって本実施例による角度導出手段33を構成し、これらは第1の変位拡大手段22の光路とは異なり、反射鏡5を含む光路上に設けられている。

ここで、上記構成による角度導出手段33の作

動について、第4図を参照しつつ述べる。第1の偏光ビームスプリッタ19に入射した直線偏光のうち、これで反射した垂直偏光成分Sが第3の偏光ビームスプリッタ30に入射されると、当該垂直偏光成分Sは反射されて1/4波長板31を通過して時計方向の円偏光となる。そして、この円偏光は角度検出用反射鏡5で反射して1/4波長板31を再び透過し、水平偏光成分Pとなり、偏光ビームスプリッタ30を通過してコリメータレンズ32で屈折して角度検出用フォトセンサ34に入射する。いま、角度検出用反射鏡5に傾き角 θ が存在するものとする、オートコリメータの原理によって前記角度検出用フォトセンサ34での変位 d は、

$$d \approx 2\theta f \quad \dots\dots\dots (1)$$

で表わされ、傾き角 θ を変位 d に変換して導出する。

一方、34は角度導出手段33からの光束を受光する角度検出用4象限(2次元)フォトセンサで、該フォトセンサ34はコリメータレンズ32

の焦点距離 f の位置に配設され、ピッチング誤差 α 、ヨーイング誤差 β の演算に用いられる。

次に、前述した各4象限フォトセンサ17、23、29、34の一般的構成と作動について、第5図を参照しつつ述べる。

いま、このフォトセンサを符号100として代表的に表わすと、該フォトセンサ100は受光面101を有するシリコンフォトダイオードからなり、各コーナに電極a、b、c、dを有している。そして、受光面101のある位置に符号102として光スポットを当てると、電荷が発生し、その電荷は抵抗層を各電極a～dに向かって流れる。その電流は各電極a～dまでの距離に反比例しているため、電流の総和に対する個別電流の比によって光スポット102の位置を求めることができる。

即ち、光電流の総和を I_Σ 、各電極a～dの光電流を I_a 、 I_b 、 I_c 、 I_d とすると、

$$I_\Sigma = I_a + I_b + I_c + I_d \quad \dots\dots\dots (2)$$

X軸+方向の光電流を I_{x+} 、-方向を I_{x-} とする

と、

$$\left. \begin{aligned} I_{x+} &= I_a + I_b \\ I_{x-} &= I_c + I_d \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (3)$$

となり、総和 I_Σ に対するX軸の光電流の片寄り

$$\frac{I_{x+} - I_{x-}}{I_\Sigma} = \frac{(I_a + I_b) - (I_c + I_d)}{I_a + I_b + I_c + I_d} \quad \dots\dots\dots (4)$$

となり、フォトセンサ100のX軸、Y軸中心から電極までの距離を l とし、光スポット102までのX軸距離を X とすると、 X は(6)式となる。

$$\frac{X}{l} = \frac{I_{x+} - I_{x-}}{I_\Sigma} \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$\left. \begin{aligned} X &= l \times \frac{I_{x+} - I_{x-}}{I_\Sigma} \\ &= l \times \frac{(I_a + I_b) - (I_c + I_d)}{I_a + I_b + I_c + I_d} \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (6)$$

同様に、Y軸+方向の光電流を I_{y+} 、-方向の光電流を I_{y-} とすると、

$$\left. \begin{aligned} I_{y+} &= I_a + I_c \\ I_{y-} &= I_b + I_d \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (7)$$

フォトセンサ100の中心から、光スポット102までのY軸距離をYとすると、

$$Y = 2 \times \frac{I_{Y_0} - I_{Y_1}}{I_{\Sigma}} \quad \left. \begin{aligned} &= 2 \times \frac{(I_a + I_d) - (I_b + I_c)}{I_a + I_b + I_c + I_d} \end{aligned} \right\} \dots\dots(8)$$

となり、フォトセンサ100上の光スポット102の重心位置X、Yが求められる。

そして、上記(2)～(8)式の演算を実行するために、第6図に示す演算器200が用いられる。即ち、(3)、(7)式に示す I_{X_0} 、 I_{X_1} 、 I_{Y_0} 、 I_{Y_1} をそれぞれ演算する加算器201、202、203、204と、 $I_{X_0} - I_{X_1}$ 、 $I_{Y_0} - I_{Y_1}$ をそれぞれ演算する減算器205、206と、(2)式に示す総和 I_{Σ} を演算する加算器207と、(6)、(8)式にそれぞれ示す光スポット102の位置 $\frac{X}{2}$ 、 $\frac{Y}{2}$ として演算する割算器208、209とから構成されている。

なお、第5図、第6図に示す如きフォトセンサ100、演算器200は、例えば浜松ホトニクス

(これは演算器200から出力される光スポットの位置 $\frac{X}{2}$ 、 $\frac{Y}{2}$ に対応している)として出力し、同様に第1、第2の位置検出用フォトセンサ23、29、角度検出用フォトセンサ34からの各検出信号は演算器43、42、45にそれぞれ入力されて、光スポットの位置を X_1 、 Y_1 、 X_2 、 Y_2 、 X_3 、 Y_3 として出力する。一方、割算器53からはX軸変位誤差 e_x を、割算器54からはY軸変位誤差 e_y を、割算器55からはローリング誤差 γ を、演算器45からはピッチング誤差 α 、ヨーイング誤差 β をそれぞれ出力するようになっている。

ところで、上記演算装置41を用いて各誤差成分 e_x 、 e_y 、 γ の演算原理について第8図を参照しつつ述べる。

第8図において、補正用フォトセンサ17による光スポットの位置を P_0 (X_0 、 Y_0)、第1、第2の位置検出用フォトセンサ23、29による光スポットの位置をそれぞれ P_1 (X_1 、

株式会社製の半導体位置検出素子として公知である。

さて、次に第5図に示したフォトセンサ、即ち補正用フォトセンサ17、第1の位置検出用フォトセンサ23、第2の位置検出用フォトセンサ29、角度検出用フォトセンサ34を用いて、6成分のうち5成分を演算するための回路構成と作動原理につき、第7図および第8図により説明する。

第7図中41は演算装置で、該演算装置41は第6図で代表的に示した演算器200と同一の構成を有する演算器42、43、44、45と、該各演算器42～44の次段に設けられた減算器46、47、48、49と、該各減算器46～49の次段に設けられた加算器50、51及び減算器52と、該加算器50、51及び減算器52の次段にそれぞれ設けられた割算器53、54、55とから構成されている。そして、補正用フォトセンサ17からの検出信号は演算器44に入力されて受光した光スポットの位置を X_0 、 Y_0 、

Y_1)、 P_2 (X_2 、 Y_2)とし、該各フォトセンサ23、29間の距離をLとすると、光スポット P_0 と P_1 との間のX軸、Y軸方向の測定位置の差(変位分) ΔX_1 、 ΔY_1 は、

$$\left. \begin{aligned} \Delta X_1 &= X_1 - X_0 \\ \Delta Y_1 &= Y_1 - Y_0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(9)$$

となり、同様に光スポット P_0 と P_2 との間の測定位置の差(変位分) ΔX_2 、 ΔY_2 は、

$$\left. \begin{aligned} \Delta X_2 &= X_2 - X_0 \\ \Delta Y_2 &= Y_2 - Y_0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(10)$$

となる。

このため、(9)式による演算は演算装置41の減算器48、49によって実行され、(10)式による演算は減算器46、47によって実行される。

ここで、 ΔX_1 、 ΔX_2 は水平方向(X軸方向)の変位分であるから、いま直線運動体1のX軸方向の大略の誤差成分 Δe_x とすれば、

$$\Delta e_x \approx \Delta X_1 \approx \Delta X_2 \quad \dots\dots\dots(11)$$

となるが、本実施例ではさらに測定精度を高める

ために、加算器50によってこれらの値を加算処理した後、割算器53によって1/2に割算することにより、X軸方向の2箇所での平均的な誤差成分 Δe_x を、

$$\Delta e_x = \frac{\Delta X_1 + \Delta X_2}{2} \dots\dots\dots (12)$$

として演算することができる。

同様に、 ΔY_1 、 ΔY_2 は垂直方向(Y軸方向)の変位分であるから、直線運動体1のY軸方向の大略の誤差成分 Δe_y とすれば、

$$\Delta e_y \approx \Delta Y_1 \approx \Delta Y_2 \dots\dots\dots (13)$$

となるが、前述と同様に加算器51、割算器54によって、Y軸方向の平均的な誤差成分 Δe_y を、

$$\Delta e_y = \frac{\Delta Y_1 + \Delta Y_2}{2} \dots\dots\dots (14)$$

として演算することができる。

また、ローリング誤差 γ であるが、これはZ軸を中心とする、Z軸回りのローリングによる誤差であるから、第1、第2の位置検出用フォトセン

サ23、29間の距離Lに対し、X軸方向の誤差成分 Δe_x が十分に小さいものとする、ローリング誤差 γ は、

$$\gamma = \tan^{-1} \frac{\Delta Y_2 - \Delta Y_1}{L} \approx \frac{\Delta Y_2 - \Delta Y_1}{L} \dots\dots\dots (15)$$

として求められる。このため、(13)式による演算は、減算器52によって $\Delta Y_2 - \Delta Y_1$ の減算が実行され、割算器55によって距離Lでの割算が実行されることになる。

さらに、ピッチング誤差 α はX軸を中心とするX軸回りのピッチングによる誤差であり、ヨーイング誤差 β はY軸回りのヨーイングによる誤差であり、これら各誤差成分の演算について述べる。

まず、第5図からも理解できるように、一般的な概念でフォトセンサ100の光スポット102についてみると、ピッチング α' 、ヨーイング β' は、



極めて高精度に位置決めすることができる。従って、工作機械、測定機械等の直線運動精度を高めることができ、また精度検査工数を低減できる。

また、測定装置本体11にはレーザ発生器12の他に各フォトセンサ17、23、29、34を含む光学系が固定的に設けられているから、レーザ発生器12側の原因によって補正用フォトセンサ17の光スポットP0の位置が移動すれば、第1、第2の位置検出用フォトセンサ23、29の光スポットP1、P2の位置も同一変位量だけ移動する。従って、(9)、(10)式に示す各変位分はレーザ発生器12のレーザ光源による影響は存在せず、直線運動体1に真に発生しているX軸方向変位誤差 e_x 、Y軸方向変位誤差 e_y 、ローリング誤差 γ のみを導出することができる。

さらに、第1、第2の変位拡大手段22、28を含む光路系と、角度導出手段33を含む光路系とは別光路とし、該角度導出手段33を構成する

$$\left. \begin{aligned} \alpha' &= \tan^{-1} \frac{X_2 - X_1}{L} \\ \beta' &= \tan^{-1} \frac{Y_2 - Y_1}{L} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (16)$$

で表わされる。

然るに、角度検出用フォトセンサ34の光スポットの位置をみると、(1)式からも明らかなように角度検出用反射鏡5の傾き角 θ に依存した変位dの位置であるから、演算器45からの出力、即ちX軸方向変位分 X_1 、Y軸方向変位分 Y_1 は、

$$\left. \begin{aligned} \alpha &= X_1 \\ \beta &= Y_1 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (17)$$

として直ちに表わされることになり、該演算器45から直接導出しうる。

かくして、本実施例による直線運動測定装置によれば、レーザ発生器11からの直線偏光を用いて、直線運動体1に発生する6成分の誤差要因のうち、5成分の誤差 e_x 、 e_y 、 α 、 β 、 γ を同時に測定することができるから、直線運動体1を

コリメータレンズ32は第1,第2の変位拡大手段22,28に対する光路の障害となることはないから、各位置検出用フォトセンサ23,29は第1,第2の変位検出用コーナキューブプリズム3,4の変位を4倍に拡大したままで受光でき、分解能を高めることができる。

さらにまた、演算器53,54から出力されるX軸方向変位誤差 e_x 、Y軸方向変位誤差 e_y はX軸方向、Y軸方向の2箇所での平均誤差として導出しうるから、これら変位誤差 e_x 、 e_y の測定精度を極めて高くすることができる。

なお、実施例では第1,第2の変位拡大手段22,28は第1,第2の変位検出用コーナキューブプリズム3,4との間で2往復させ、該コーナキューブプリズム3,4の変位を4倍に拡大するものとして述べたが、これらの間での往復回数 n に対応して $2n$ 倍に拡大できるものであり、これは変位拡大手段22,28の構成によって適宜に設定しうる。

また、実施例の演算装置41ではX軸方向変位

る。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本実施例の全体構成図、第2図はレーザ発生器から出力される光束と水平偏光成分、垂直偏光成分との関係を示す説明図、第3図は第1の変位拡大手段による変位拡大検出動作を示す説明図、第4図は角度導出手段による角度導出動作を示す説明図、第5図は4象限フォトセンサの一般的構成を示す説明図、第6図は第5図に示すフォトセンサによる光スポット位置を演算する演算器の一般的回路構成図、第7図は各誤差成分を演算する本実施例演算装置の回路構成図、第8図は誤差成分の演算原理を示す説明図、第9図はX、Y、Z軸方向の誤差成分を示す説明図である。

1…直線運動体、2…検出ブロック、3…第1の変位検出用コーナキューブプリズム、4…第2の変位検出用コーナキューブプリズム、5…角度検出用反射鏡、11…測定装置本体、12…レーザ発生器、15…光束拡大器、17…補正用4象限フォトセンサ、19…第1の偏光ビームスプリ

ット、20…第1の1/4波長板、21…第1の変位拡大用コーナキューブプリズム、22…第1の変位拡大手段、23…第1の位置検出用4象限フォトセンサ、25…第2の偏光ビームスプリット、26…第2の1/4波長板、27…第2の変位拡大用コーナキューブプリズム、28…第2の変位拡大手段、29…第2の位置検出用4象限フォトセンサ、30…第3の偏光ビームスプリット、31…第3の1/4波長板、32…コリメータレンズ、33…角度導出手段、34…角度検出用4象限フォトセンサ、41…演算装置、42～45…演算器、46～49,52…減算器、50,51…加算器、53～55…演算器。

誤差 e_x 、Y軸方向変位誤差 e_y を高精度に演算するために、加算器50,51、演算器53,54をそれぞれ用いて平均値を求めるものとして述べたが、(11)式、(13)式の如くX軸方向変位分 ΔX_1 、 ΔX_2 のいずれか一方、Y軸方向変位分 ΔY_1 、 ΔY_2 のいずれか一方を各変位誤差 e_x 、 e_y として用いてもよい。

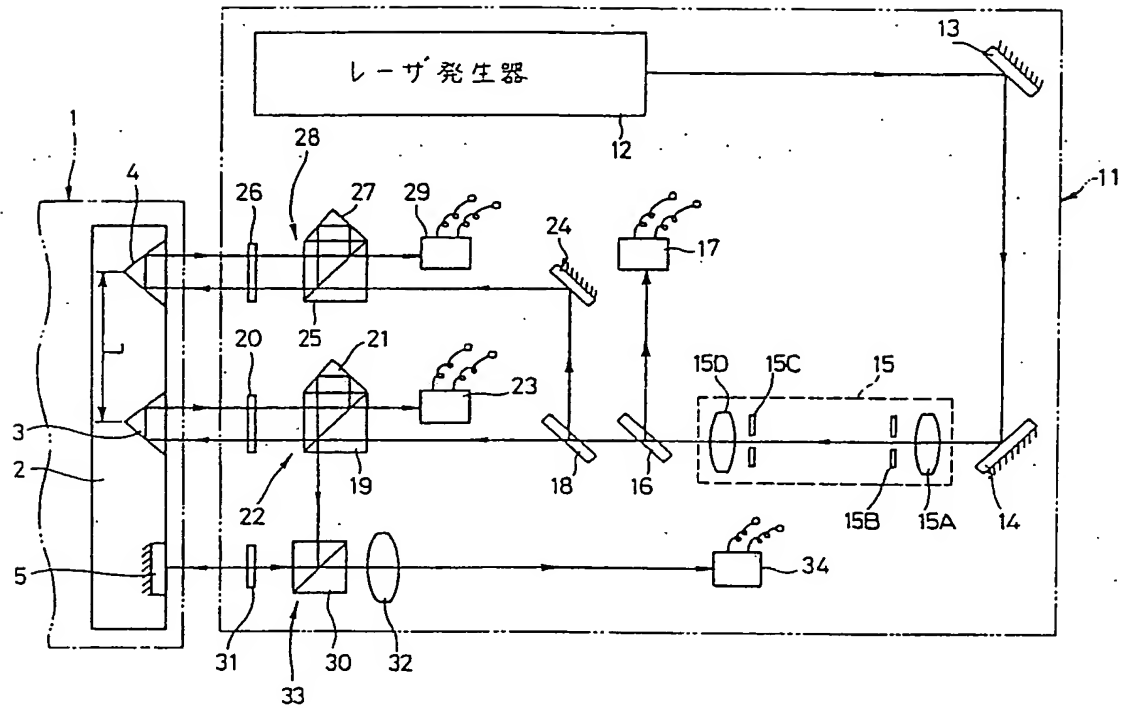
〔発明の効果〕

本発明に係る直線運動測定装置は以上詳細に述べた如くであって、直線運動体が直線運動するに際して発生する6成分の誤差のうち5成分の誤差を同時に測定することができ、また光束発生手段に起因する測定誤差要因を除去することができ、さらに角度検出手段の光路系を変位拡大手段の光路系と別光路としたから、分解能を高めることができる等、高精度な直線運動検査が可能とな

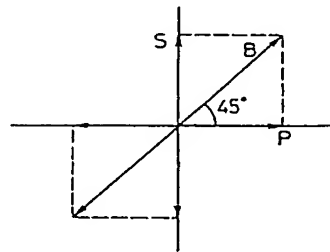
る。

特許出願人	中央精機株式会社
代理人弁理士	広瀬和彦
同	中村直樹

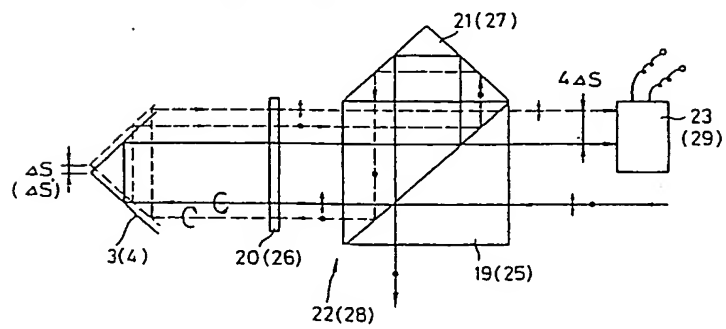
第 1 図



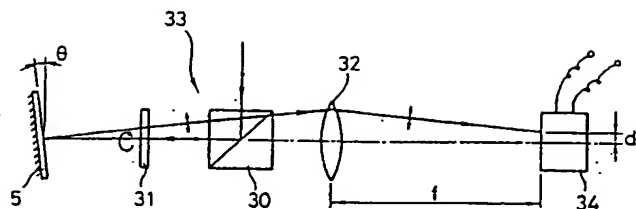
第 2 図



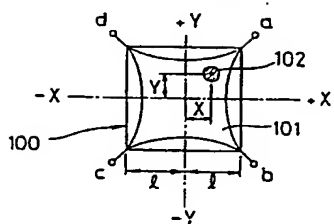
第 3 図



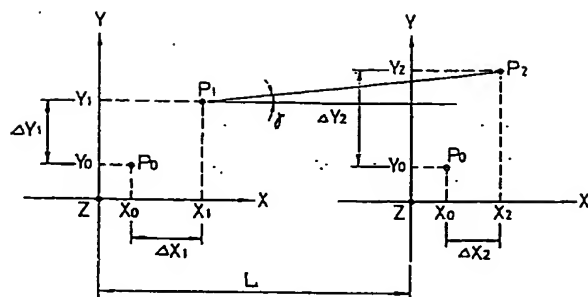
第 4 図



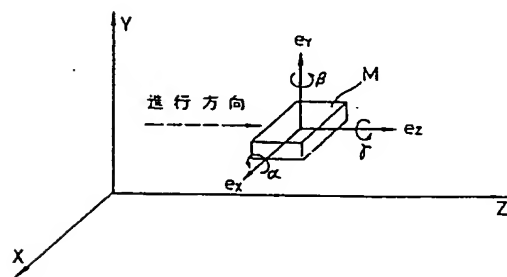
第 5 図



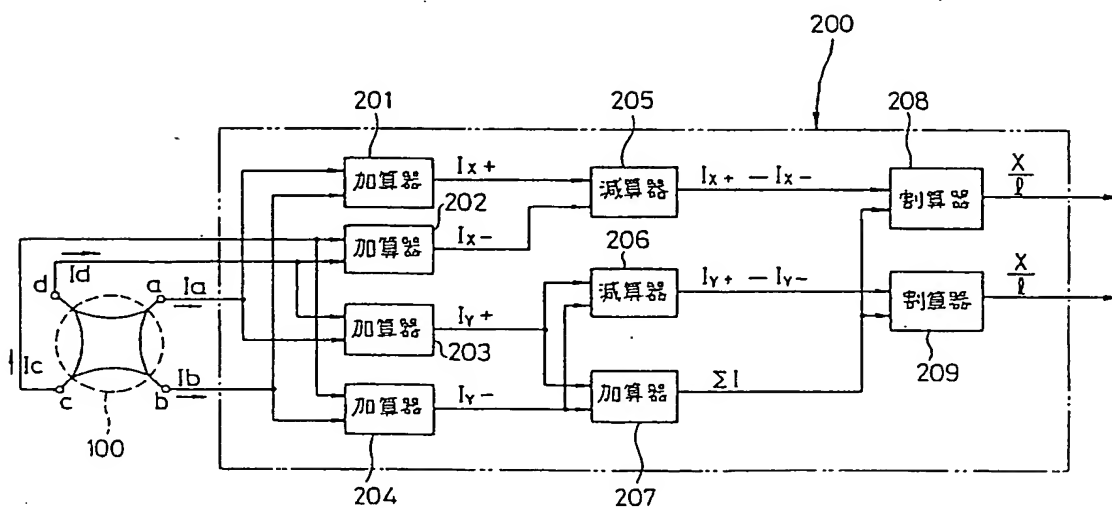
第 8 図



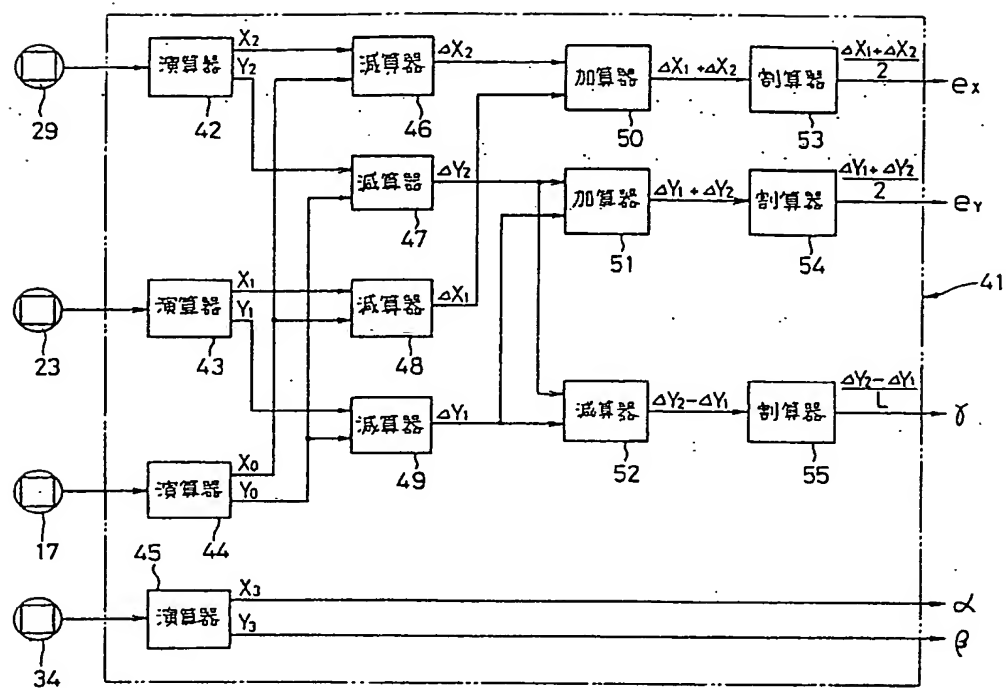
第 9 図



第 6 図



第 7 図



手 続 補 正 書 (自発)

昭和63年10月18日

特 許 庁 長 官 殿

1. 事件の表示

昭和62年特許願第213636号

2. 発明の名称

直線運動測定装置

3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人

住所 東京都千代田区神田淡路町1丁目9番地

名称 中央精機株式会社

代表者 堀 田 節 夫

4. 代 理 人 〒160

住所 東京都新宿区西新宿1丁目23番1号

新宿千葉ビル4階 電話(342)8971

氏名 (7944) 井理士 広瀬和彦

5. 補正により増加する発明の数 (増減なし)

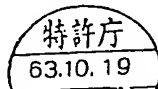
6. 補正の対象

(1) 明細書の「特許請求の範囲」の欄

(2) 明細書の「発明の詳細な説明」の欄

(3) 図面

7. 補正の内容



(1) . 「特許請求の範囲」を別紙のとおり補正する。

(2) . 明細書第8頁第11行

「第2の変位検出手段」とあるのを、「第2の位置検出手段」に補正する。

(3) . 明細書第8頁第18行

「第1、第2の変位検」とあるのを、「第1、第2の位置検」に補正する。

(4) . 添付図面中の第6図を別紙のとおり補正する。

8. 図面補正の理由

第6図中の「 $\frac{X}{L}$ 」を「 $\frac{Y}{L}$ 」と補正するため。

(別紙)

2. 特許請求の範囲

直線運動体側に設けられ、該直線運動体の動きに応じて変位する第1、第2の変位プリズム及び反射鏡と、

所定角度の振動面を有する直線偏向を光束として発生する光束発生手段と、

該光束発生手段から発生する光束で該光束発生部自体の光源の変位を検出する補正用位置検出手段と、

前記光束発生手段による光束を前記直線運動体側の第1の変位プリズムとの間で n 回往復させることにより、該変位プリズムの変位量を $2n$ 倍に拡大する第1の変位拡大手段と、

該第1の変位拡大手段から拡大して導出された光束を検出する第1の位置検出手段と、

前記光束発生手段により光束を前記直線運動体側の第2の変位プリズムとの間で n 回往復させることにより、該変位プリズムの変位量を $2n$ 倍に拡大する第2の変位拡大手段と、

該第2の変位拡大手段から拡大して導出された光束を検出する第2の位置検出手段と、

前記第1または第2の変位拡大手段から射出された光束を前記運動体側の反射鏡で反射させ、この反射光をレンズを通過させることによって該反射鏡の傾き角を導出する角度導出手段と、

該角度導出手段で導出した傾き角を検出する角度検出手段と、

前記補正用位置検出手段、第1、第2の位置検出手段からの出力信号に基づき、前記直線運動体の水平方向変位誤差、垂直方向変位誤差およびローリング誤差を演算すると共に、角度検出手段からの出力信号に基づきピッチング誤差、ヨーイング誤差を演算する演算手段とから構成してなる直線運動測定装置。

第 6 図

